

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



**CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT**

## Bescheinigung

Herr Dr.-Ing. Jürgen Schulz-Harder in Lauf/Deutschland hat eine  
Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Kühler, insbesondere für elektrische Bauelemente"

am 28. April 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht und erklärt,  
daß er dafür die Innere Priorität der Anmeldung in der Bundesrepublik Deutschland  
vom 20. April 1998, Aktenzeichen 198 17 383.0, in Anspruch nimmt.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprüng-  
lichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig die Symbole  
F 28 D, H 05 K und H 01 L der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 3. Mai 1999

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Aktenzeichen: 198 18 839.0

Joost

PATENTANWÄLTE

Dipl.-Ing. A. Wasmeier

Dipl.-Ing. H. Graf

Zugelassen beim Europäischen Patentamt • Markenamt • Professional Representatives before the European Patent Office • Trade Mark Office

Patentanwälte Postfach 10 08 26 93008 Regensburg

Deutsches Patentamt  
Zweibrückenstr. 12

80297 München

D-93008 REGENSBURG  
POSTFACH 10 08 26

D-93055 REGENSBURG  
GREFLINGERSTRASSE 7

Telefon (0941) 79 20 85

(0941) 79 20 86

Telefax (0941) 79 51 06

Ihr Zeichen  
Your Ref.

Ihre Nachricht  
Your Letter

Unser Zeichen  
Our Ref.

Sch/p 18.274a

Datum  
Date

28. April 1998

gr-ra

Anmelder:

Dr.- Ing. Jürgen Schulz-Harder  
Hugo-Dietz-Straße 32  
91207 Lauf

Titel:

Kühler, insbesondere für elektrische Bauelemente

## Patentansprüche

1. Kühler in Form einer Heat-Pipe, mit einem Gehäuse, in welchem ein nach außen hin geschlossener Innenraum zur Aufnahme eines flüssigen, verdampfenden Kühlmediums oder Wärme transportierenden Mediums gebildet ist, mit wenigstens einem im Gehäuseinnenraum gebildeten ersten Kühl- oder Verdampfungsbereich (2) zur Aufnahme von Wärmeleistung und einem in dem Gehäuse gebildeten und räumlich entfernten zweiten Kondensations-Bereich (3) zur Abgabe der Wärme, wobei das Gehäuse von einer Vielzahl von flächig miteinander verbundenen Platten oder Lagen (12, 13) besteht, die zur Bildung von miteinander in Verbindung stehenden und den ersten und zweiten Bereich verbindenden Kanälen mit Ausnehmungen, Öffnungen und/oder Vertiefungen versehen sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß wenigstens zwei in dem Stapel aufeinander folgende Metall-Lagen (12) zur Bildung eines Kapillarbereichs oder einer Kapillarstruktur strukturiert sind, die sich zwischen dem ersten Bereich (2) und dem zweiten Bereich (3) erstreckt, und daß wenigstens eine weitere Metall-Lage (13) zur Bildung einer Dampfkanal-Struktur mit wenigstens einem Dampfkanal (9) derart strukturiert ist, daß sich der Dampfkanal zwischen dem ersten und zweiten Bereich erstreckt, und einen Strömungsquerschnitt aufweist, der größer ist als der Strömungsquerschnitt des wenigstens einen Kapillarbereichs.
2. Kühler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß beidseitig von der Dampfkanalstruktur (9) jeweils wenigstens ein Kapillarbereich (8) vorgesehen ist.
3. Kühler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß er an einer Ober- und Unterseite eben ausgebildet ist.
4. Kühler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß er flach oder plattenförmig ausgebildet ist.
5. Kühler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei Ausbildung des Kühlers als rechteckförmige Platte oder rechteckförmiger Quader der

erste und zweite Bereich (2, 3) beidseitig von einer senkrecht zur Längserstreckung (L) des Kühlers verlaufenden, gedachten Mittelebene (M) gebildet sind.

6. Kühler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß am ersten Bereich (2) an wenigstens einer Oberflächenseite des Kühlers (1, 1a) wenigstens ein elektrisches Bauelement (4 - 6) oder wenigstens eine Fläche zur Befestigung eines elektrischen Bauelementes (4 - 6) vorgesehen ist.

7. Kühler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß an dem wenigstens einem zweiten Bereich (3) eine Hilfskühleinrichtung (10, 11) vorgesehen ist.

8. Kühler nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Hilfskühleinrichtung von einem Wärme an die Umgebungsluft oder ein Umgebungsmedium abgebendes Kühlelement (10) ist.

9. Kühler nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Hilfskühler ein von einem äußeren Kühlmedium durchströmter Hilfskühler (11), vorzugsweise ein von mehreren, flächig miteinander verbundenen Metall-Lagen gebildeter Hilfskühler ist.

10. Kühler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die die wenigstens eine Kapillarstruktur (8) und/oder die wenigstens eine Dampfkanalstruktur (9) bildenden Metall-Lagen (12, 13) derart strukturiert sind, daß sich im Bereich dieser Lagen ein weit verzweigtes Kanalsystem ergibt, und zwar vorzugsweise mit durchgehenden, pfostenartigen Bereichen (16) zwischen einer geschlossenen Ober- und Unterseite (7) des Kühlers.

11. Kühler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die die Kapillarstruktur (8) bildenden Metall-Lagen (12) und die die Dampfkanalstruktur bildenden Metall-Lagen (13) jeweils mit einer Vielzahl von Öffnungen (14, 15; 18, 21; 22, 24) versehen sind, und daß das Verhältnis von geschlossener Fläche zu der von

den Öffnungen gebildeten offenen Fläche bei den die Dampfstruktur bildenden Metall-Lagen (13) größer ist als bei den die Kapillarstruktur (8) bildenden Lagen (12).

12. Kühler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die die Kapillarstruktur bildenden Lagen (12) und die die Dampfkanalstruktur bildenden Lagen (13) ähnlich strukturiert sind, wobei die Öffnungen (15) in den die Dampfkanalstruktur bildenden Lagen (13) einen größeren Querschnitt aufweisen als die entsprechenden Öffnungen in den die Kapillarstruktur bildenden Metallagen (12), und/oder daß die die Dampfkanalstruktur bildenden Metall-Lagen (13) zusätzliche Öffnungen oder Durchbrechungen aufweisen.

13. Kühler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Durchbrechungen oder Öffnungen (18, 22) in einer Metall-Lage (12, 13) und die Durchbrechungen in einer benachbarten Metall-Lage (12, 13) in der Kapillarstruktur (8) und/oder in der Dampfkanalstruktur (9) in den Ebenen dieser Lagen und/oder senkrecht hierzu ständig wechselnde Strömungswege zwischen dem ersten und dem zweiten Bereich (2, 3) bilden.

14. Kühler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungen (18) zumindest in den die Kapillarstruktur bildenden Metall-Lagen (12) jeweils von netzartig sich verzweigenden oder miteinander verbundenen Materialstegen (19) umschlossen sind, die um jede Öffnung (18) eine Polygon- oder Ringstruktur bilden.

15. Kühler nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Materialstege (19) um jede Öffnung (18) eine sechseckförmige Ringstruktur bilden.

16. Kühler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens drei ein Dreieck, vorzugsweise ein gleichseitiges Dreieck bildende Eckpunkte der Ringstruktur flächenmäßig vergrößert bzw. als Inseln (20) ausgebildet

sind.

17. Kühler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Bereiche der Metall-Lagen (12, 13) durchgehende Pfosten- oder säulenartige Bereiche (16) bilden.

18. Kühler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die durchgehenden säulen- oder pfostenartigen Bereiche (16) von Eckpunkten der Ringstrukturen gebildet sind.

19. Kühler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Metall-Lagen (12, 13) in der wenigstens einen Kapillarstruktur und/oder in der wenigstens einen Dampfkanalstruktur jeweils identisch ausgebildet, im Kühler aber jede Metall-Lage (12, 13) einer weiteren, gewendeten oder umgedrehten Metall-Lage benachbart liegt.

20. Kühler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der strukturierte Bereich der Metall-Lagen (12, 13) jeweils winkelförmige Öffnungen oder Durchbrechungen (22) aufweist.

21. Kühler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Metall-Lagen (13) für die wenigstens eine Dampfkanalstruktur zusätzliche Öffnungen oder Durchbrechungen (21, 24) aufweist.

22. Kühler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest die die Kapillarstruktur bildende Metall-Lage (12) in ihrem strukturierten Bereich mit einer Vielzahl von schlitzförmigen Öffnungen (14a, 14b) versehen ist.

23. Kühler nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bildung der Kapillarstruktur (8) Metall-Lagen eines ersten Typs (12a), bei dem die Schlitz (14a) sich in einer ersten Achsrichtung erstrecken, sowie Metall-Lagen eines zweiten Typs

(12b) verwendet sind, bei dem sich die Schlitze (14b) in einer zweiten Achsrichtung erstrecken, die mit der ersten Achsrichtung einen Winkel, vorzugsweise einen Winkel  $90^\circ$  einschließt.

24. Kühler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest die Metall-Lagen (12) für die Kapillarstruktur an wenigstens einer Oberflächenseite mit einer Vielzahl von nutenartigen Vertiefungen (25) versehen sind.

25. Kühler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die wenigstens eine Kapillarstruktur (8) von wenigstens einem Kanal gebildet ist, in welchem ein die Kapillarwirkung erzeugendes und/oder unterstützendes Material (29) angeordnet ist.

26. Kühler nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Kapillarwirkung erzeugendes und/oder unterstützendes Material (29) Pulver ist, z.B. ein Pulver aus wenigstens einem Metall und/oder Metalloxid, beispielsweise der Gruppe Kupfer, Aluminium, Kupferoxid, Aluminiumoxid, und/oder ein Pulver aus wenigstens einer Keramik.

27. Kühler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Metall-Lagen zumindest teilweise Metall-Lagen oder Aluminiumlagen sind.

28. Kühler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Metall-Lagen in der Größenordnung zwischen 100 - 1000 Mikrometer liegt.

29. Kühler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Strukturbreiten im Bereich zwischen 50 - 1000 Mikrometer liegen.

30. Kühler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die wenigstens eine Kapillarstruktur von wenigstens zwei Metall-Lagen und die wenigstens

eine Dampfkanalstruktur von wenigstens einer Metall-Lage gebildet sind.



## Kühler, insbesondere für elektrische Bauelemente

Die Erfindung bezieht sich auf einen Kühler, insbesondere für elektrische Bauelemente in Form eines sogenannten Wärmerohres oder „Heat-Pipe“

Kühler dieser Art sind grundsätzlich bekannt und beruhen auf dem Prinzip der Verdampfung und Kondensation eines in einem geschlossenen Innenraum des Kühlers untergebrachten Kühlmediums bzw. Wärme transportierenden Mediums. In der Regel besitzen derartige Kühler einen runden Aufbau (US 35 37 514). Als Kapillarstruktur dienen Längsnuten. Derartige runde Kühler müssen mit einem flachen Träger verbunden werden, auf dem dann die zu kühlenden Bauelemente angeordnet werden. Durch diesen Träger ergibt sich ein zusätzlicher Wärmeübergang bzw. Wärmewiderstand.

Bekannt ist weiterhin auch eine flache Bauart für einen solchen Kühler (US 56 42 775). Dieser bekannte Kühler besteht aus einem Block, in welchem rohrförmige Kanäle ausgebildet sind. Die Herstellung ist aufwendig und teuer.

Bekannt ist weiterhin ein quaderförmiger Kühler (US 49 57 803), dessen Gehäuse aus einer Vielzahl von stapelartig übereinander angeordneten und flächig miteinander verbundenen Metall-Lagen besteht, die derart strukturiert und angeordnet sind, daß sich im Inneren des Körpers durch die Schlitzes sich kreuzende und an den Kreuzungspunkten miteinander in Verbindung stehende Kanäle ergeben. Diese bekannte Ausbildung eignet sich lediglich als Wärmespreizer. Sich unterscheidende Dampfkanal- und Kapillarstrukturen fehlen. Außerdem ist ein Transport der Wärme über lagen Strecken notwendig.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Kühler mit verbesserten Eigenschaften aufzuzeigen. Zur Lösung dieser Aufgabe ist ein Kühler entsprechen dem Patentanspruch 1 ausgebildet. Der erfindungsgemäße Kühler zeichnet sich durch die Möglichkeit einer einfachen und preiswerten Herstellung aus. Durch die insbesondere auch im Bereich der Kapillarstruktur bestehenden, von den Metall-Lagen gebildeten Pfosten ist eine Übertragung der

Wärmeenergie von außen in den Verdampfungsbereich in den Kühler bzw. aus dem Kondensationsbereich nach außen auf kurzer Strecke möglich. Der erfindungsgemäße Kühler besitzt weiterhin einen Dampfkanalbereich bzw. eine Dampfkanalstruktur mit großem Strömungsquerschnitt, wodurch sich eine optimale Kühlleistung ergibt.

Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche. Die Erfindung wird im folgenden anhand der Figuren an Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 in vereinfachter perspektivischer Darstellung einen Kühler in Form einer flachen, platten- oder quaderförmigen „Heat-Pipe“;

 Fig. 2 einen Schnitt entsprechend der Linie I - I der Figur 1;

Fig. 3 und 4 weitere, mögliche Ausführungsformen des Kühlers der Erfindung;

Fig. 5 in vergrößerter Teildarstellung und in Seitenansicht die von einem Stapel aus mehreren Metall-Lagen gebildete Heat-Pipe gemäß der Erfindung;

Fig. 6 und 7 jeweils in vereinfachter Darstellung und in Draufsicht jeweils zwei Einzel- oder Metall-Lagen z.B. aus Kupfer für den Kapillarbereich (Figur 6) und den Dampfkanalbereich (Figur 7);


 Fig. 8 in schematischer Teildarstellung einen Schnitt durch den Kapillarbereich bzw. durch den Dampfbereich der Figuren 6 und 7;

Fig. 9 und 10 in Draufsicht strukturierte Metall-Lagen für den Kapillarbereich bzw. die Kapillarstruktur (Figur 9) bzw. für den Dampfkanalbereich oder die Dampfkanalstruktur (Figur 10) bei einer weiteren möglichen Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 11 und 12 jeweils in Teildarstellung zwei im Stapel aufeinander folgende Metall-Lagen der Figur 9 für den Kapillarbereich;

Fig. 13 in Teildarstellung eine Draufsicht auf eine von zwei auf einander folgenden Metall-Lagen der Figuren 11 und 12 gebildete Teilstruktur des Kapillarbereichs;

Fig. 14, 15 und 16 Darstellungen ähnlich Figuren 11, 12 und 13, allerdings für den Dampfkanalbereich;

Fig. 17 und 18 in vergrößerter Teildarstellung und in Draufsicht ähnlich den Figuren 11 und 12 Einzel-Metall-Lagen für den Kapillarbereich einer weiteren möglichen Ausführungsform;

Fig. 19 in Teildarstellung eine Draufsicht auf eine von zwei auf einander folgenden Metall-Lagen der Figuren 17 und 18 gebildete Teilstruktur des Kapillarbereichs;

Fig. 20, 21 und 22 Darstellungen ähnlich den Figuren 17, 18 und 19, allerdings für den Dampfkanalbereich;

Fig. 22 die beiden Lagen der Figuren 20 und 21 übereinander angeordnet zur Bildung des Dampfkanalbereichs;

Fig. 23 in einer Darstellung der Figur 1 eine weitere mögliche Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 24 einen Schnitt entsprechend der Linie II - II der Figur 23, wobei der einfacheren Darstellung wegen lediglich der Kapillarbereich bzw. die Kapillarstruktur wiedergegeben ist;

Fig. 25 ein Schnitt entsprechend der Linie III - III oder IV - IV der Figur 23, wobei der einfacheren Darstellung wegen lediglich der Kapillarbereich bzw. die Kapillarstruktur wiedergegeben ist;

Fig. 26 in vereinfachter Darstellung und in Draufsicht eine Metall-Lage für den Kapillarbereich;

Fig. 27 und 28 jeweils in vereinfachter Darstellung und in Draufsicht zwei weitere Ausführungen einer Metall-Lage für den Dampfkanalbereich;

Fig. 29 eine Darstellung ähnlich Figur 24 bei einer weiteren möglichen Ausführungsform.

In den Figuren 1 - 22 ist mit 1 allgemein eine Wärmesenke bzw. ein Kühler zum Abführen der Wärme einer Wärmequelle bezeichnet. Der Kühler 1 ist als sogenanntes Wärmerohr oder „Heat-Pipe“ aufgebaut, allerdings im Gegensatz zu bekannten Heat-Pipe-Anordnungen besitzt der Kühler 1 eine sehr flache plattenförmige Ausbildung mit ebenen Flächen an der Ober- und Unterseite. Bei der in der Figur 1 wiedergegebenen Ausführungsform ist der Kühler 1 in Draufsicht mit rechteckförmiger Umfangslinie bzw. mit der Form eines sehr flachen, in Draufsicht rechteckförmigen Quaders hergestellt

Mit 2 ist allgemein der Kühl- oder Verdampferbereich (erste Bereich) und mit 3 allgemein der zweite Bereich zur Wärmeabfuhr bzw. der Kondensatorbereich bezeichnet. Beide Bereiche sind in Längsrichtung L des plattenförmigen Kühlers 1 gegeneinander versetzt und zwar beidseitig von einer den Kühler 1 sowie dessen Längsseiten senkrecht schneidenden Mittelebene M. Die am Bereich 2 an den Kühler 1 abgegebene Wärme ist mit dem Pfeil P1 und die am Bereich 3 vom Kühler abgeführte Wärme mit dem Pfeil P2 angedeutet. Die Wärmequelle ist beispielsweise von Halbleiterleistungs-Bauelementen gebildet, die an der geschlossenen von einer Metall-Lage 7 (Metallfolie oder -platte) gebildeten ebenen Ober- und/oder Unterseite des Kühlers 1 am Bereich 2 vorgesehen sind.

In der Figur 2 sind diese, Verlustwärme erzeugenden Halbleiterleistungs-Bauelemente oder -Chip mit 4-6 bezeichnet. Zur elektrischen Isolation sind auf der Ober- und Unterseite des Kühlers 1 zumindest im Bereich der Chip 4 - 6 eine Keramikschicht 7' vorgesehen, die in geeigneter Weise mit der die Oberseite bzw. Unterseite des Kühlers bildenden geschlossenen Metall-Lage 7 verbunden ist.

Die innere Struktur des Kühlers 1 und dessen generelle Funktionsweise ergeben sich aus der Figur 2. Die innere Struktur besteht aus drei, sich jeweils über den gesamten Kühler erstreckenden Bereichen, die zwischen der oberen und unteren Metall-Lage 7 stapelartig aufeinander folgend vorgesehen sind, nämlich aus den beiden äußeren Kapillarstrukturen bzw. -Bereichen 8 und dem mittleren Dampfkanal bzw. Dampfkanalbereich oder Dampfkanalstruktur 9. Die Kapillarbereiche 8 sind von einer Vielzahl von Kanälen gebildet, die sich zwischen den beiden Bereichen 2 und 3 erstrecken und zumindest in diesen Bereichen mit dem Dampfkanal bzw. Dampfkanalbereich 9 in Verbindung stehen. Letzterer ist beispielsweise ein durchgehender, sich über die gesamte Länge und Breite des Kühlers 1 erstreckender Kanal oder ist in der nachstehend noch näher beschriebenen Weise von einer Struktur aus mehreren Einzelkanälen gebildet, wobei der Gesamtquerschnitt des Dampfkanales aber im Vergleich zum Gesamtquerschnitt der Kapillarbereiche 8 wesentlich größer ist.

Der Innenraum des Kühlers 1 ist mit einem Kühlmedium teilweise ausgefüllt, welches bei Erhitzen verdampft. Als Kühlmedium eignet sich im einfachsten Fall Wasser, auch in Mischung mit einem Zusatz, z.B. Methanol.

Die Wirkungsweise des Kühlers 1 beruht darauf, daß durch die am Bereich 2 eingebrachte Wärme das Kühlmedium dort im Inneren des Kühlers verdampft und der Dampf dann im Dampfkanal 9 vom Bereich 2 in Richtung an dem Bereich 3 strömt, d.h. in Richtung des Pfeiles A der Figur 2. Am Bereich 3 wird die Wärme entsprechend dem Pfeil P2 nach außen hin abgegeben. Dies führt zu einer Kondensation des Kühlmediums, welches als Kondensat in die Kapillarbereiche 8 gelangt und von dort unter Kapillarwirkung entgegen dem Pfeil A der Figur 2 an dem Bereich 2 zurückfließt, wo

dann erneut ein Verdampfen des Mediums durch die aufgenommene Wärme P1 erfolgt usw.. Der Kühler 1 bildet also in Bezug auf das im Innenraum dieses Kühlers vorgesehene, verdampfbare Kühlmedium ein geschlossenes System, wie es von Heat-Pipe-Systemen an sich bekannt ist.

Die Figur 3 zeigt nochmals in vereinfachter Darstellung den Kühler 1, wobei am Bereich 3 außen Kühlelemente oder Kühlbleche 10 vorgesehen sind, die mit großer Fläche ein Abführen der Wärme entsprechend dem Pfeil P2 nach außen bewirken und die beispielsweise von einem von einem Gebläse erzeugten Luftstrom um- oder durchströmt sind.

Die Figur 4 zeigt in ähnlicher Darstellung wie Figur 3 einen am Bereich 3 vorgesehenen Hilfskühler 11, der von einem Kühlmedium oder Wärme transportierendem Medium eines äußeren Kühlsystems durchströmt wird, beispielsweise von dem Kühlwasser eines äußeren Kühlkreislaufs. Dieser Hilfskühler 11 kann beispielsweise direkt auf dem Bereich 3 des Kühlers 1 gebildet sein, und zwar durch mehrere, stapelartig übereinander angeordnete Metall-Lagen, die flächig miteinander verbunden sind und im Gehäuse des Hilfskühlers 11 innere, geschlossene Kühlkanäle bilden, die von dem äußeren Kühlmedium durchströmt werden. Insbesondere besteht die Möglichkeit, den Hilfskühler 11 auch als sogenannten Mikrokühler auszubilden, wie er beispielsweise in der DE 197 10 783 beschrieben ist.

Wie in der Figur 5 mit 12 und 13 angedeutet ist, ist auch der Kühler 1 von einer Vielzahl von Metal-Lagen, z.B. Kupfer-Lagen oder -platten oder Zuschnitten aus einer Kupferfolie gebildet, die derart strukturiert sind, daß sich im Inneren des Kühlers 1 zwischen diesen Lagen und/oder durch diese Lagen die Kapillarstrukturen 8 durch die Metall-Lagen 12 und die Dampfstrukturen 9 durch die Metall-Lagen 13 mit den entsprechenden, zumindest in der Längsrichtung L erstreckenden Kanälen ergeben.

Die Figuren 6 - 22 zeigen nun verschiedene Ausführungsformen für den Kühler 1, die sich im wesentlichen nur durch die unterschiedliche Strukturierung der Metall-Lagen 12 und 13 unterscheiden.

Entsprechend der Ausführungsform der Figuren 6 - 8 sind zur Bildung der Kapillarstrukturen 8 Metall-Lagen 12a und 12b verwendet, die jeweils mit einer Vielzahl von durchgehenden, parallelen Schlitten versehen sind, wobei sich die Schlitten 14a in den Metall-Lagen 12a quer zur Längsrichtung L und die Schlitten 14b in den Metall-Lagen 12b in Längsrichtung L erstrecken.

Für den Dampfbereich bzw. die Dampfkanalstruktur 9 sind Metall-Lagen 13a und 13b vorgesehen, die wiederum den Schlitten 14 entsprechende Schlitten 15a bzw. 15b aufweisen, und zwar die Schlitten 15a in der Metall-Lage 13a senkrecht zur Längsachse L und die Schlitten 15 in der Metall-Lage 13b in Längsrichtung L. Die Ausbildung ist weiterhin so getroffen, daß der Achsabstand zweier benachbarter Schlitten 14a bzw. 14b nicht nur an den Metall-Lagen 12a und 12b gleich ist, sondern auch gleich dem Achsabstand zweier Schlitten 15a bzw. 15b an den Metall-Lagen 13a und 13b ist. Allerdings ist die Breite der Schlitten 15a bzw. 15b etwa um das 1,5 - 10-fache größer als die Breite der Schlitten 14a bzw. 14b. Weiterhin ist die Dicke der Metall-Lagen 13a bzw. 13b etwa das 1 - 3-fache der Dicke der Metall-Lagen 12a bzw. 12b.

Durch stapelartiges Übereinanderliegen der Metall-Lagen 12a und 12b werden die Kapillarstrukturen 8 gebildet, und zwar mit sich kreuzenden und an Kreuzungspunkten miteinander in Verbindung stehenden Kanälen, die von den Schlitten 14a und 14b gebildet sind. Ebenso wird durch Übereinanderstapeln der Metall-Lagen 13a und 13b die Dampfstruktur 9 erreicht, mit sich kreuzenden und an Kreuzungspunkten miteinander in Verbindung stehenden Kanälen, gebildet durch die Schlitten 15a und 15b. Durch die Ausbildung ist weiterhin erreicht, daß nach dem Verbinden der Metall-Lagen durch diese innerhalb des so hergestellten Körpers des Kühlers 1 durchgehende pfostenartige Bereiche 16 gebildet sind, die von der oberen, den oberen Kapillarbereich 8 dicht abschließenden Metall-Lage 7 bis an die untere, den unteren Kapillarbereich 8 dicht abschließenden

Metall-Lage 7 reichen und die die notwendige Festigkeit für den Kühler 1 liefern sowie insbesondere auch eine optimale Wärmeleitung in den sowie aus dem Kühler 1 sicherstellen. Diese pfostenartigen Strukturen 16 sind in der Figur 5 mit mit unterbrochenen Linie angedeutet.

Es versteht sich, daß die Metall-Lagen 12 und 13 zur Bildung der Strukturen 8 und 9 auch auf andere Weise strukturiert sein können. Ein weiteres Beispiel hierfür ist in den Figuren 9 - 16 wiedergegeben. Die Figur 9 zeigt eine strukturierte Metall-Lage 12c für die Kapillarstrukturen 8. Diese Metall-Lage 12c ist in ihrem mittleren Bereich, d.h. innerhalb eines geschlossenen Randbereiches 17 siebartig mit einer Vielzahl von Öffnungen 18 versehen, die jeweils sechseckförmig ausgeführt sind und ähnlich einer wabenartigen Struktur aneinander anschließen. Diese Öffnungen 18 sind jeweils von in einander übergehenden Stegen 19 gebildet, die jede Öffnung 18 in Form einer Sechseck-Ringstruktur umschließen. Am Randbereich 17 sind die Öffnungen 18 dann nur jeweils teilweise ausgebildet.

An drei Ecken der Sechseck-Ringstruktur jeder Öffnung 18 bilden die Stege 19 eine Insel 20 mit vergrößerter Fläche, d.h. bei der dargestellten Ausführungsform mit Kreisfläche. Die Inseln 20 sind so verteilt, daß an jeder Öffnung 18 in einer angenommenen Umfangsrichtung eine Ecke mit Insel 20 auf eine Ecke ohne eine solche Insel 20 folgt. Weiterhin ist die Strukturierung so gewählt, daß zwei Stege 19 jeder Öffnung 18 parallel zur Längsachse L der rechteckförmigen Metall-Lage 12c liegen und in eine Achsrichtung parallel zur Längsachse L auf eine Insel 20 eine Öffnung 18, ein Eckpunkt ohne Insel, ein sich in Richtung der Längsachse L erstreckender Steg 19, und dann eine neue Insel 20 folgen usw.

Weiterhin ist die Strukturierung der Metall-Lage 12c nicht völlig symmetrisch zu einer senkrecht zur Längsachse L verlaufenden Mittelachse, sondern die Öffnungen 18 sind so gegenüber der Mittelachse versetzt, daß diese nicht die parallel zur Längsachse L verlaufenden Stege 19, sondern die Inseln schneidet. Hierdurch ist es möglich, zur Bildung der Kapillarstrukturen 8 abwechselnd als Lage N (Figur 11) eine Metall-Lage 12c



in der in der Figur 9 dargestellten Form und als anschließende Lage  $N + 1$  eine Metall-Lage 12c in einer um die Mittelachse gewendeten Lage (Figur 12) aneinander anschließend vorzusehen, um so die in der Figur 13 wiedergegebene Struktur zu erhalten, bei der die Inseln 20 dieser Lagen  $N$  und  $(N + 1)$  aufeinander liegen, während sich in der Mitte jeder Öffnung 18 einer Lage ein Bereich der benachbarten Lage befindet, an dem drei Stege 19 ohne eine Insel 20 aufeinandertreffen, wie dies in der Figur 13 wiedergegeben ist. Mit der beschriebenen Strukturierung der Metall-Lagen 12c lassen sich also unter Verwendung jeweils gleicher Metall-Lagen, lediglich durch Wenden jeder zweiten Lage sehr feinstrukturierte Kapillar-Bereiche 8 mit in allen drei Raumachsen weit verzweigte Kanälen herstellen.

Die Figur 10 zeigt in einer Darstellung wie Figur 9 die Metall-Lage 13c zum Herstellen der Dampfkanalstruktur 9. Die Metall-Lage 13c entspricht in ihrer Strukturierung der Metall-Lage 12c und unterscheidet sich von dieser lediglich dadurch, daß einige der quer zur Längsachse  $L$  verlaufenden Stege 19 weggelassen wurde, und zwar derart, daß die verbleibenden Stege 19 zusammen mit den Inseln 20 sich in Längsrichtung  $L$  erstreckende zick-zack-förmige bandartige Strukturen 21' mit dazwischen liegend, in Längsrichtung erstreckenden Durchlässen 21 bilden. Entsprechend der Figur 16 wird der Dampfkanalbereich 9 dadurch gebildet, daß wenigstens zwei Metall-Lagen 13c stapelartig übereinandergelegt und miteinander verbunden werden, und zwar derart, daß jede zweite Metall-Lage 13c um die Mittelachse gewendet wird, so daß auch im Dampfgebiet jeweils die Inseln 20 der einzelnen Lagen 13c aufeinander zu liegen kommen und dadurch die durchgehenden, pfostenartigen Strukturen 16 bilden. Durch die Durchlässe 21 ergeben sich für den Dampfgebiet 9 Strömungskanäle mit größerem, effektiven Strömungsquerschnitt.

Die Figuren 17 - 22 zeigen als weitere Ausführungsformen Metall-Lagen 12d für die Bildung der Kapillarstrukturen 8 und Metall-Lagen 13d zur Bildung der Dampfkanalstruktur 9. Die Figuren 17 und 18 zeigen wiederum ein und dieselbe Metall-Lage 12d, allerdings die Figur 18 in in einer gegenüber der Figur 17 um die Mittelachse gewendeten Lage. Ebenso zeigen die Figuren 20 und 21 ein und dieselbe Metall-Lage

13d, allerdings in der Figur 21 in einer gegenüber der Figur 20 um die Mittelachse gewendeten Lage.

Die Metall-Lage 12d ist innerhalb des geschlossenen Randbereichs 17 siebartig strukturiert, und zwar mit einer Vielzahl von jeweils winkelförmigen Öffnungen 22, die mit der Winkelhalbierenden ihrer Winkel-Abschnitte parallel zur Längsachse L orientiert sind.

Zur Bildung der jeweiligen Kapillarstruktur 8 werden wenigstens eine Metall-Lage 12 in nicht gewendeter und eine Metall-Lage 12 in gewendeter Form übereinander gelegt und miteinander verbunden, so daß sich dann durch die sich teilweise deckenden Öffnungen 22 Durchlässe 23 ergeben, über die die von den Öffnungen 22 in den einzelnen Lage gebildete Kanäle miteinander zu der weit verzweigten Kanal-Struktur verbunden sind, und sich außerdem auch die pfostenartigen Bereiche 16 ergeben.

Wie die Figuren 17 und 18 zeigen, sind die Öffnung 22 jeweils in mehreren, senkrecht zur Längsachse L verlaufenden und in Richtung dieser Längsachse aufeinander folgenden Reihen angeordnet, wobei die Öffnungen 22 jeweils von Reihe zu Reihe auf Lücke versetzt sind.

Die in den Figuren 20 und 22 wiedergegebene Metall-Lage 13d unterscheidet sich von der Metall-Lage 12d lediglich dadurch, daß zusätzlich zu den Öffnungen 22 sich in Längsrichtung L erstreckende durchgehende und am Ende jeweils durch den Randbereich 17 begrenzte Öffnungen 24 vorgesehen sind, so daß sich wiederum bandartige, sich in Längsrichtung L erstreckende Strukturen 24' ergeben, die auch noch die Öffnungen 22 aufweisen. Durch Übereinanderlegen einer nicht gewendeten Metall-Lage 13d und einer gewendeten Metall-Lage 13d ergeben sich an den bandartigen Strukturen zusätzliche Kanäle, die über die Durchlässe 23 miteinander in Verbindung stehen, sowie auch die pfostenartige Bereiche 16, die an Bereiche 16 in den Kapillarbereichen 8 anschließen und sich zu den durchgehenden Pfosten 16 zwischen den Metall-Lagen 7 ergänzen.

Die Figur 23 zeigt in einer Darstellung entsprechend der Figur 1 als weitere Ausführung einen Kühler 1a in Form einer Heat-Pipe. Bei dieser Ausführungsform ist der Kühler 1a bzw. dessen Körper wiederum aus mehreren Kupfer- oder Metall-Lagen gebildet, die stapelartig übereinander liegend zum Kühler 1a miteinander verbunden sind. Die Metall-Lagen 12e für die Kapillarbereiche 8 sind so ausgeführt, daß sie jeweils an einer Oberflächenseite mit mehreren, sich in Längsrichtung erstreckenden nutenartigen Vertiefungen 25 versehen sind, die durch Ätzen, Prägen, durch Material oder Span abhebende Bearbeitung oder auf andere geeignete Weise erzeugt sind. Die Vertiefungen 25 enden jeweils in einer durchgehenden Öffnung 26, die mit Abstand von einem geschlossenen Randbereich vorgesehen ist. Die Metall-Lagen 12e werden dann zur Bildung der Kapillarbereiche 8 jeweils so abwechselnd gewendet und nicht gewendet aufeinandergelegt, daß sich jede Vertiefung 25 einer Lage 12e mit einer Vertiefung 25 der benachbarten Lage 12e zu einem Kanal ergänzt, wie dies in der Figur 24 dargestellt ist. An den beiden Enden bzw. Bereichen 2 und 3 münden diese Kanäle dann entsprechend der Figur 25 Räume, die von den Öffnungen 26 in den Metall-Lagen 12e gebildet sind und über die die Kanäle mit dem Dampfkanal 9 in Verbindung stehen.

Die den Dampfbereich bzw. die Dampfstruktur bildenden Metall-Lagen 13e sind beispielsweise entsprechend der Figur 27 ähnlich den Lagen 12e ausgebildet, lediglich mit Vertiefungen 27 größerer Breite und/oder Tiefe, oder aber dadurch, daß entsprechend der Figur 28 in den Metall-Lagen 13e jeweils eine großflächige Öffnung 28 vorgesehen

Die Figur 29 zeigt in einer Darstellung ähnlich der Figur 24 eine weitere mögliche Ausführung des Kühlers 1a, bei der die Metall-Lagen 12e zur Bildung Kapillarstruktur nicht abwechselnd gewendet, sondern jeweils in gleicher Orientierung vorgesehen sind, so daß die Vertiefungen 25 besonders feine Kanäle bilden.

Bei den vorstehend beschriebenen Ausführungsformen wurde davon ausgegangen, daß die die Kapillarstrukturen bildenden Kanäle freie Kanäle sind. Grundsätzlich besteht auch die Möglichkeit in diesen oder in anderen strukturierten oder geformten Kanälen,

insbesondere auch in Kanälen mit größeren effektiven Querschnitten ein die Kapillarwirkung erzeugendes und/oder unterstützendes Hilfsmaterial einzubringen, beispielsweise in Form eines Pulvers, z.B. in Form eines Pulvers aus wenigstens einem Metall und/oder Metalloxid, z.B. aus Kupfer und/oder Aluminium und/oder Kupfer- und/oder Aluminiumoxid, und/oder in Form eines Pulvers aus wenigstens einer Keramik, und/oder in Form eines Pulvers aus Mischungen der vorgenannten Stoffe, wie dies mit 29 in der Figur 24 angedeutet ist.

Für die Metall-Lagen eignen sich Kupfer, wobei die Metall-Lagen dann beispielsweise unter Anwendung der DCB-Technik oder durch Aktivlöten flächig miteinander verbunden sind. Für die Metall-Lagen eignet sich beispielsweise auch Aluminium oder eine Aluminiumlegierung. In diesem Fall werden die Metall-Lagen dann z.B. durch Vakuum-Löten miteinander verbunden. Die Dicke der Metall-Lagen liegt in der Größenordnung zwischen 100 - 1000 Mikrometer und die Strukturbreiten im Bereich zwischen 50 - 1000 Mikrometer.

## Bezugszeichenliste

|               |                   |
|---------------|-------------------|
| 1, 1a         | Kühler            |
| 2, 3          | Bereich           |
| 4 - 6         | Bauelement        |
| 7             | Metall-Lage       |
| 7'            | Keramiksicht      |
| 8             | Kapillarbereich   |
| 9             | Dampfkanalbereich |
| 10            | Kühlelement       |
|               | Hilfskühler       |
| 12, 12a, 12b  | Metall-Lage       |
| 12c, 12d, 12e | Metall-Lage       |
| 13, 13a, 13b  | Metall-Lage       |
| 13c, 13d, 13e | Metall-Lage       |
| 14a, 14b      | Schlitz           |
| 15a, 15b      | Schlitz           |
| 16            | Pfosten           |
| 17            | Randbereich       |
| 18            | Öffnung           |
| 19            | Steg              |
|               | Insel             |
| 21            | Öffnung           |
| 21'           | Struktur          |
| 22            | Öffnung           |
| 23            | Durchlaß          |
| 24            | Öffnung           |
| 24'           | Struktur          |
| 25            | Vertiefung        |
| 26            | Öffnung           |
| 27            | Vertiefung        |

28

Öffnung

29

Hilfsmaterial

1

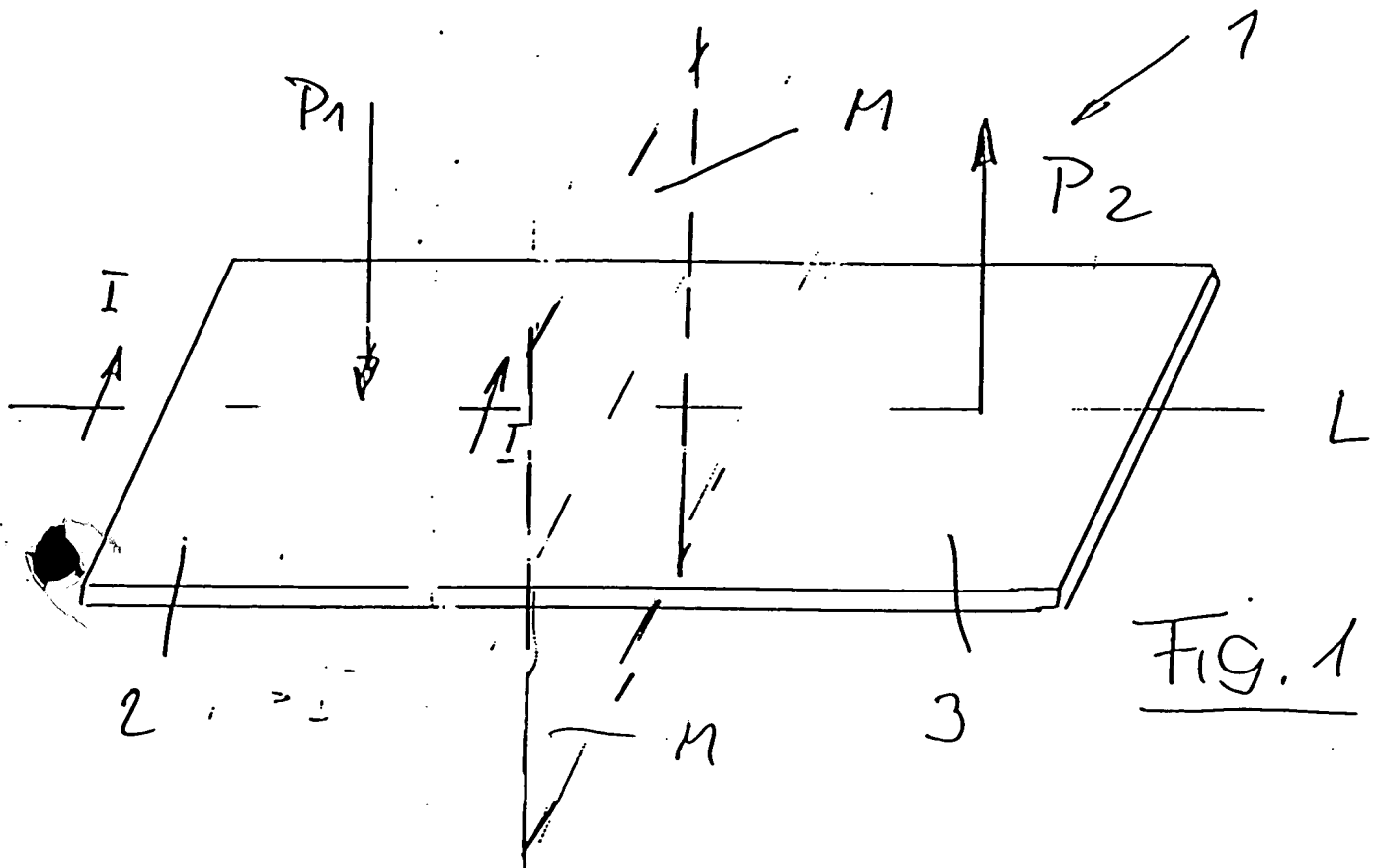


Fig. 1

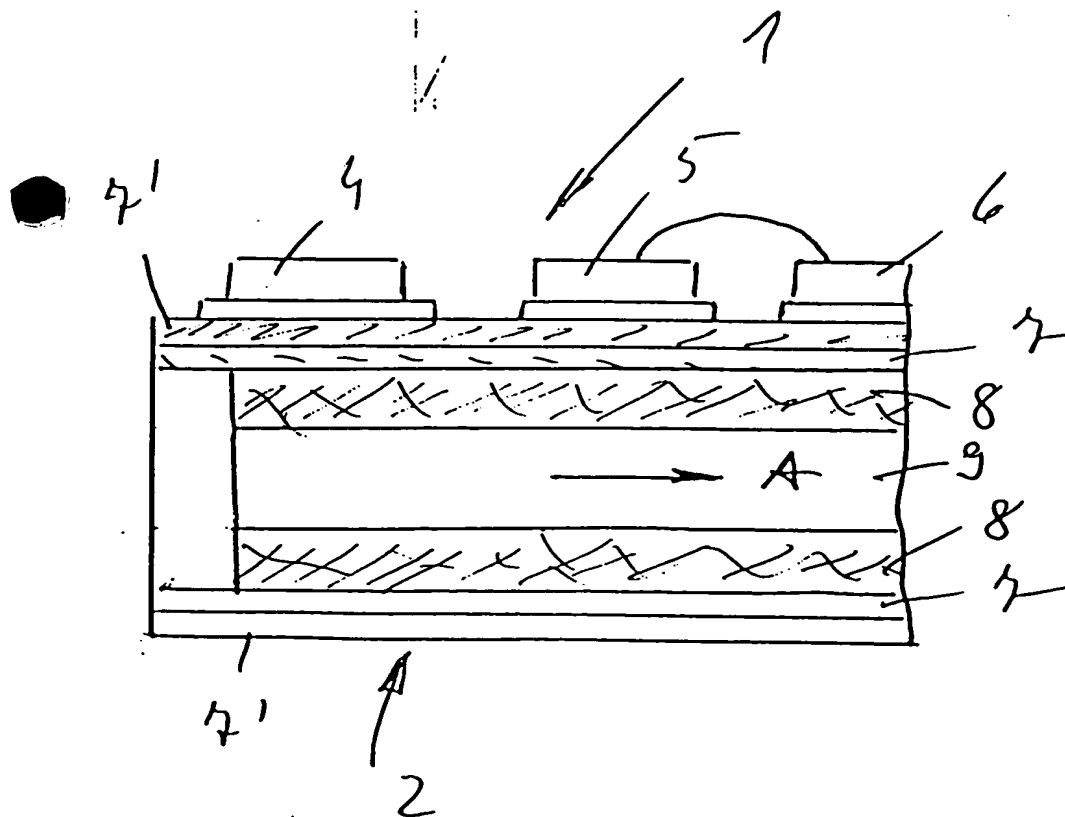
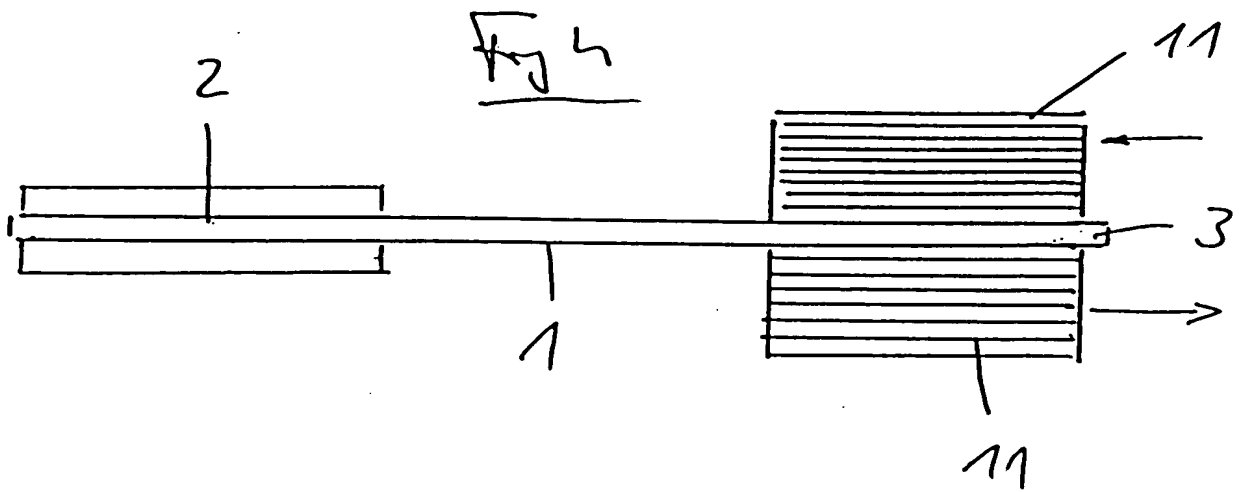
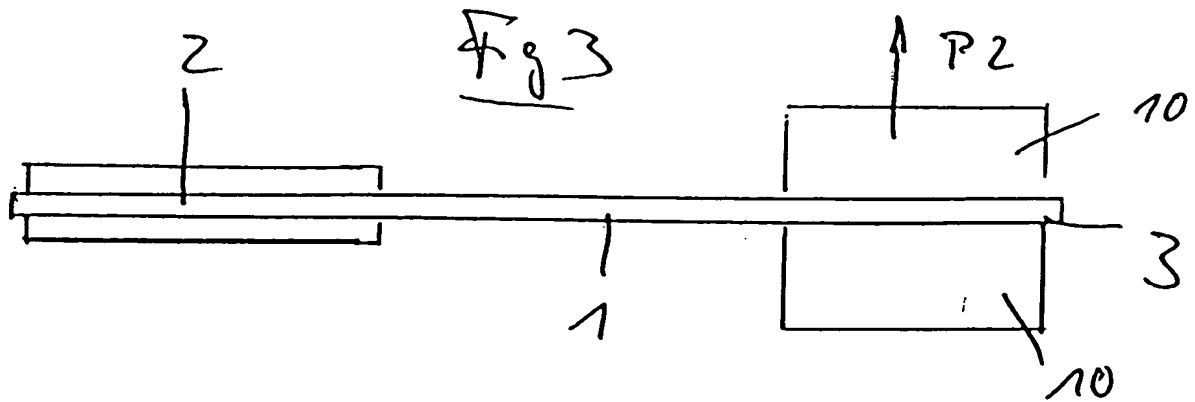


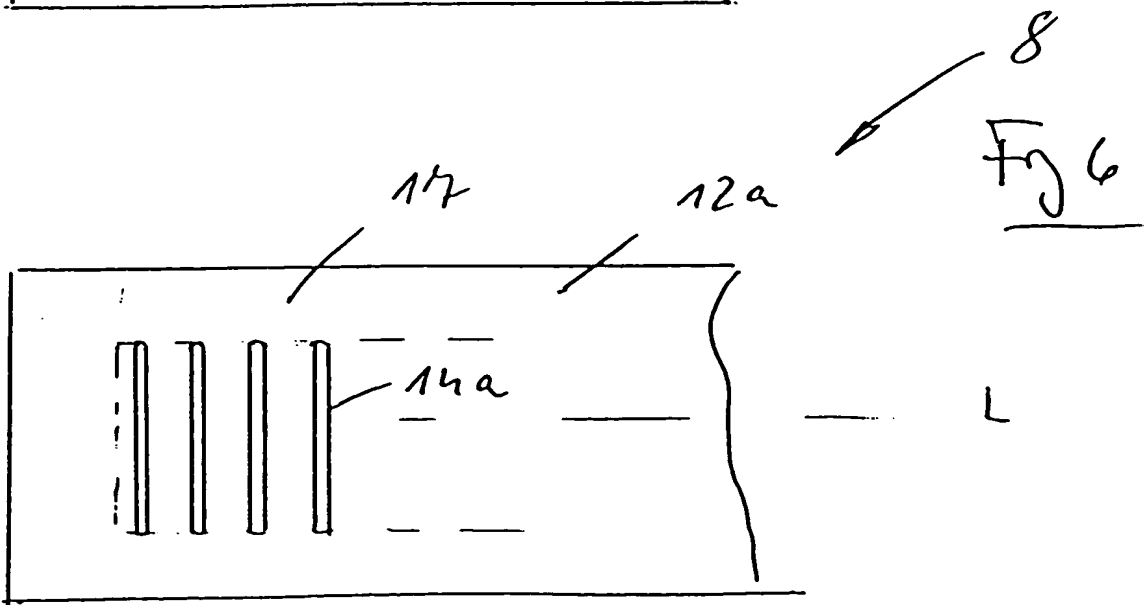
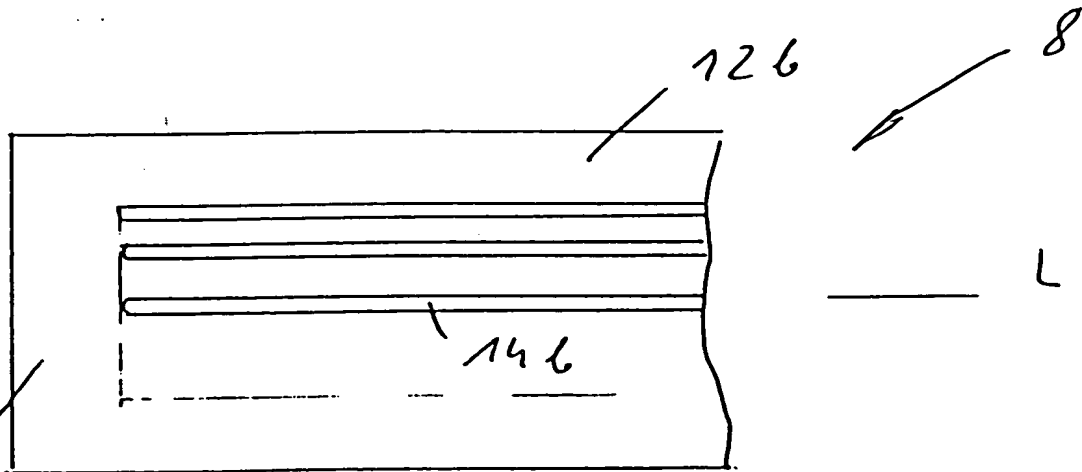
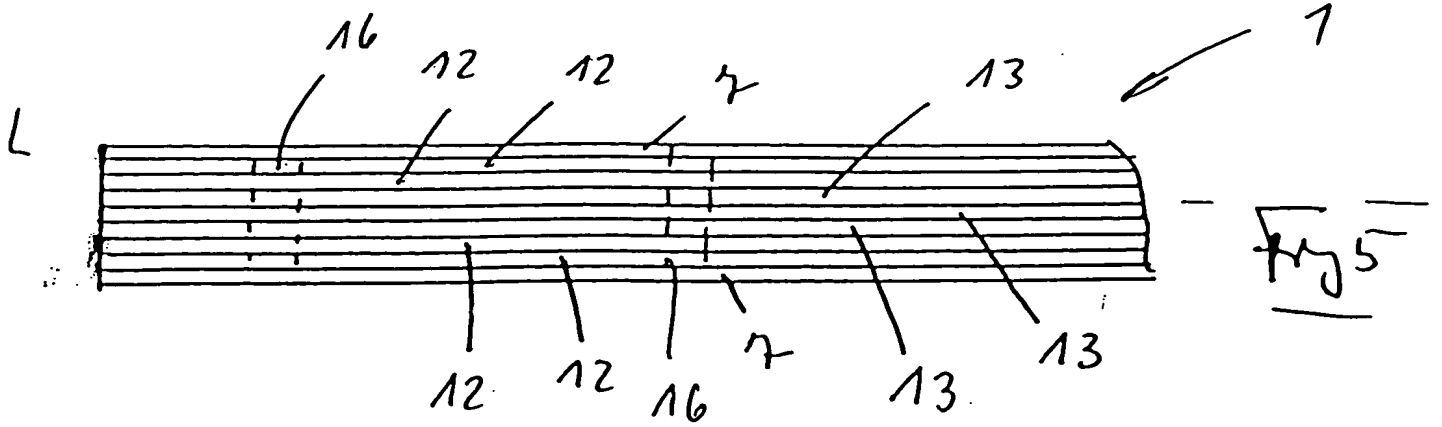
Fig 2

18274A

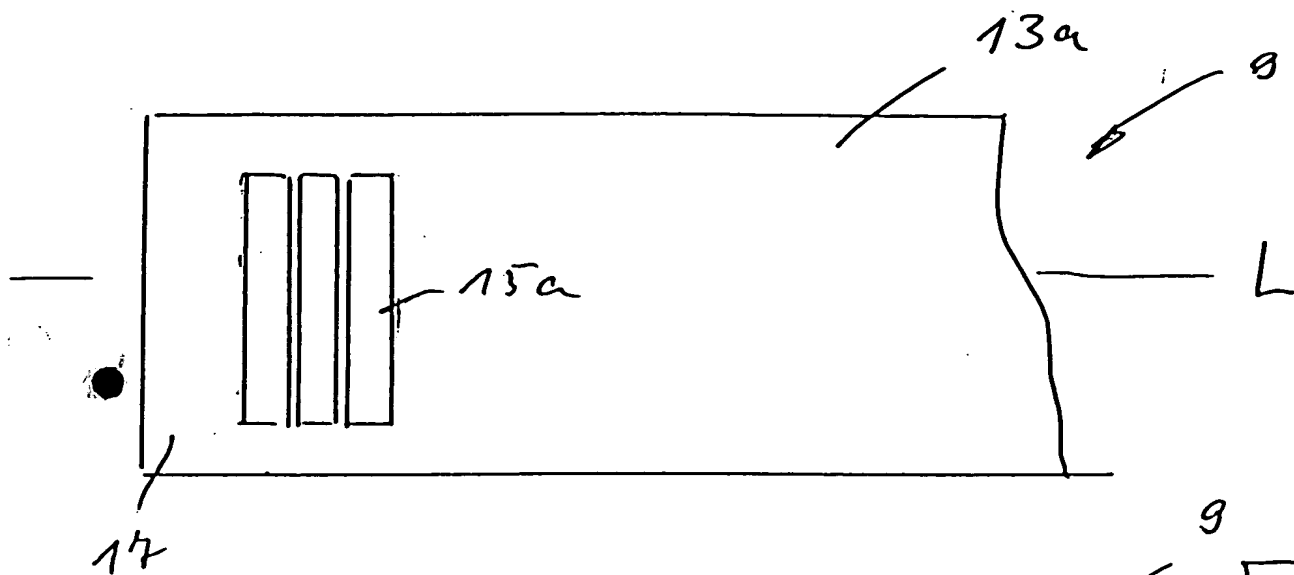




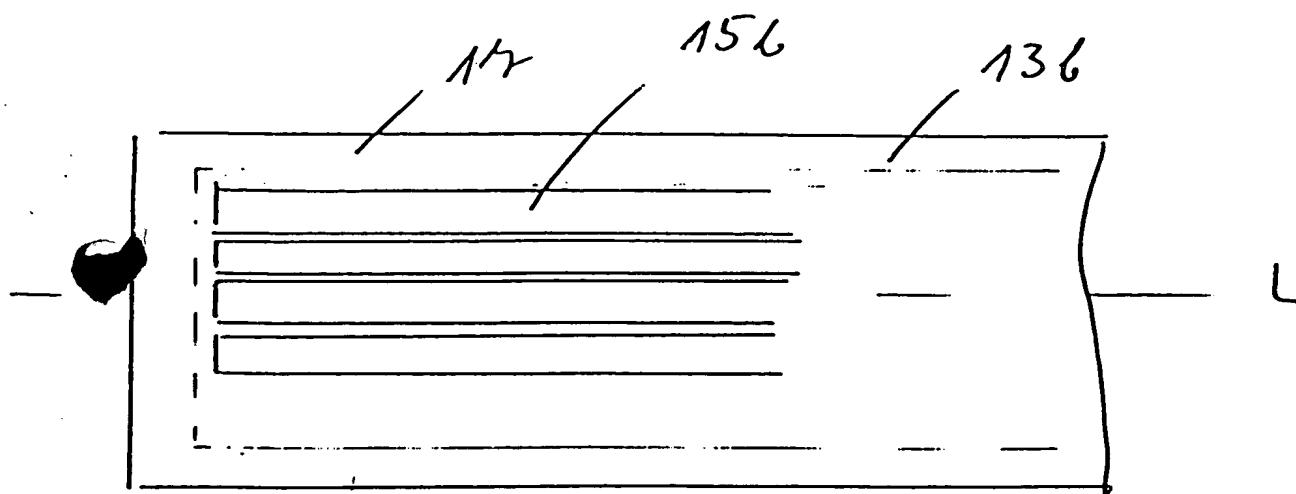
18274a



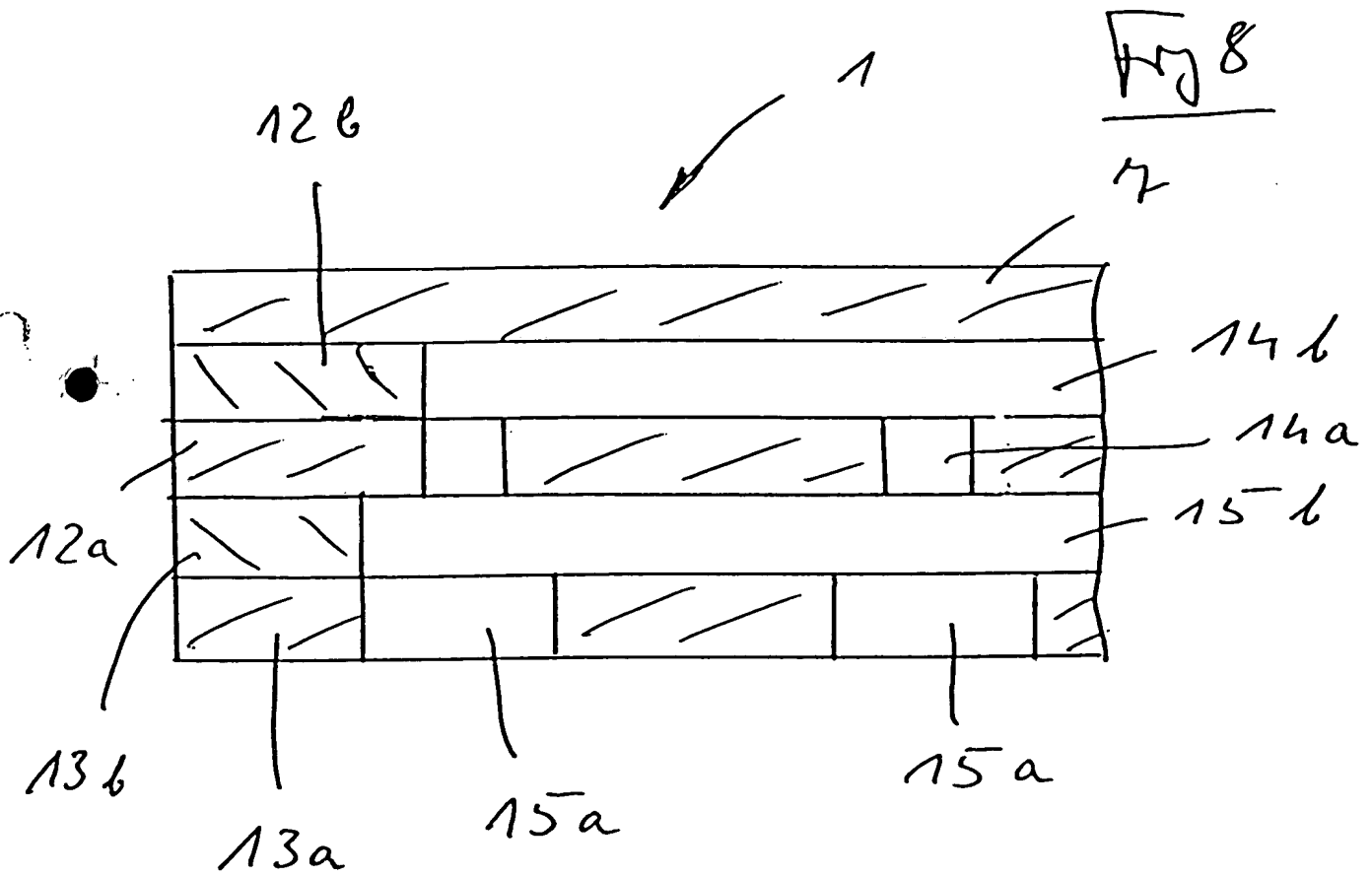
18274 a



9  
Fig 7



18244 Cr

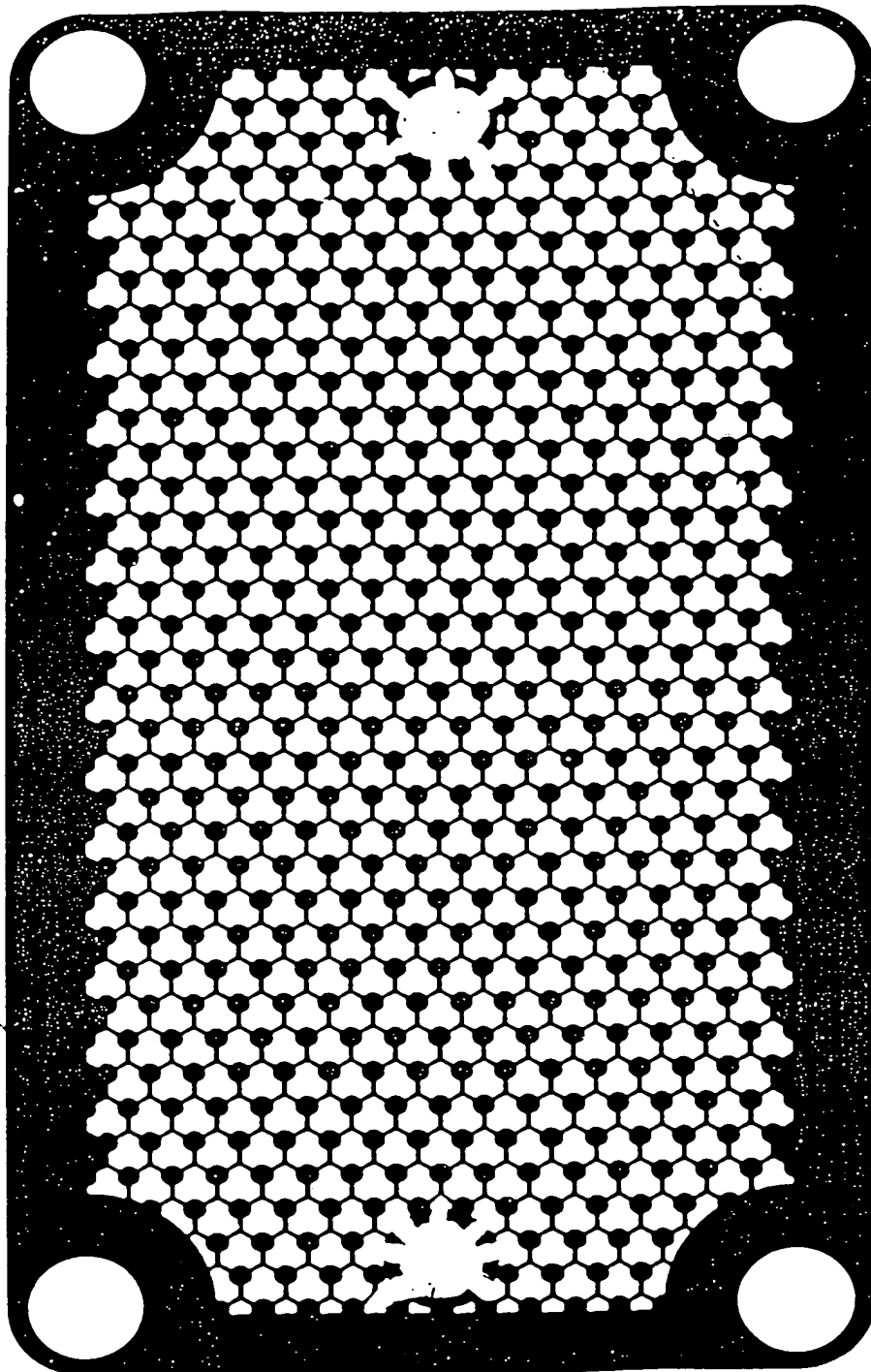


182740

12c Fig 9



112



112

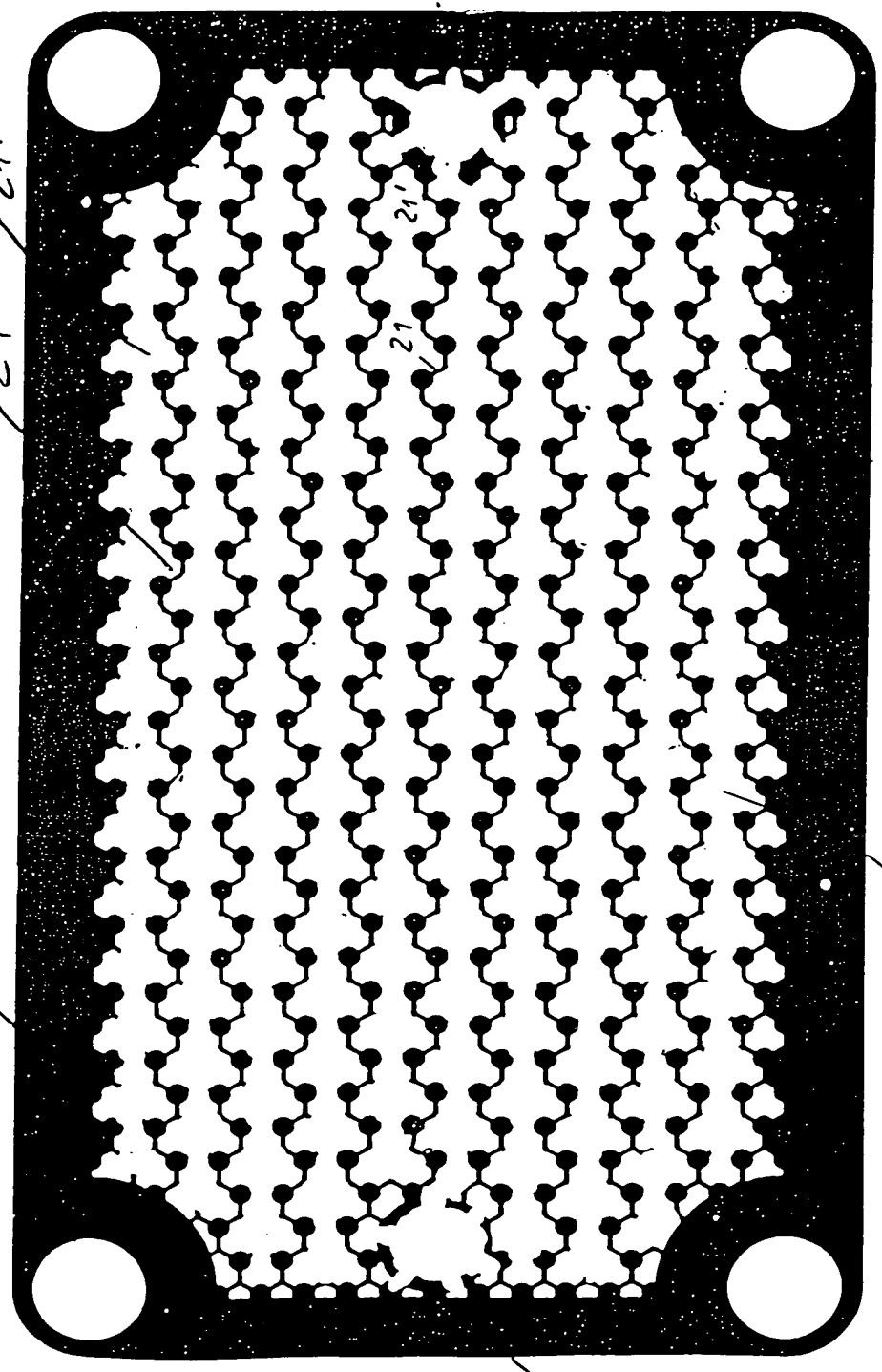
18244C

Fig 10

13c

17

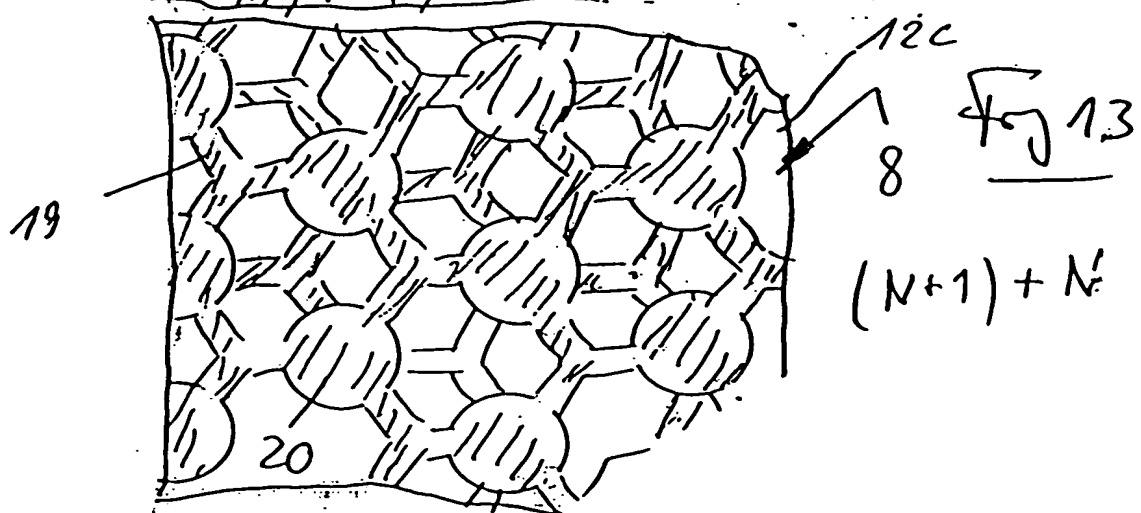
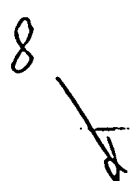
21, 21'



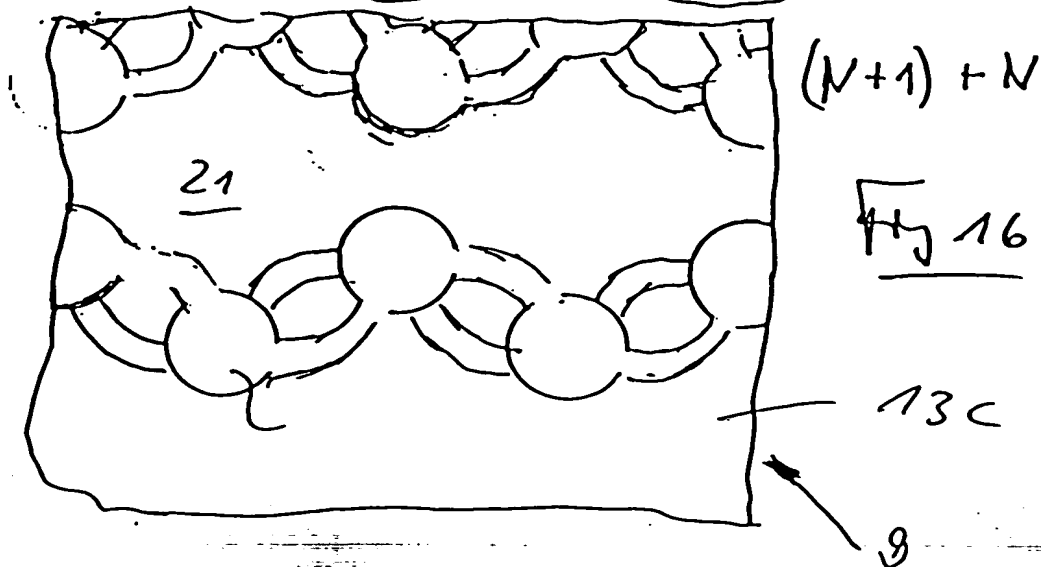
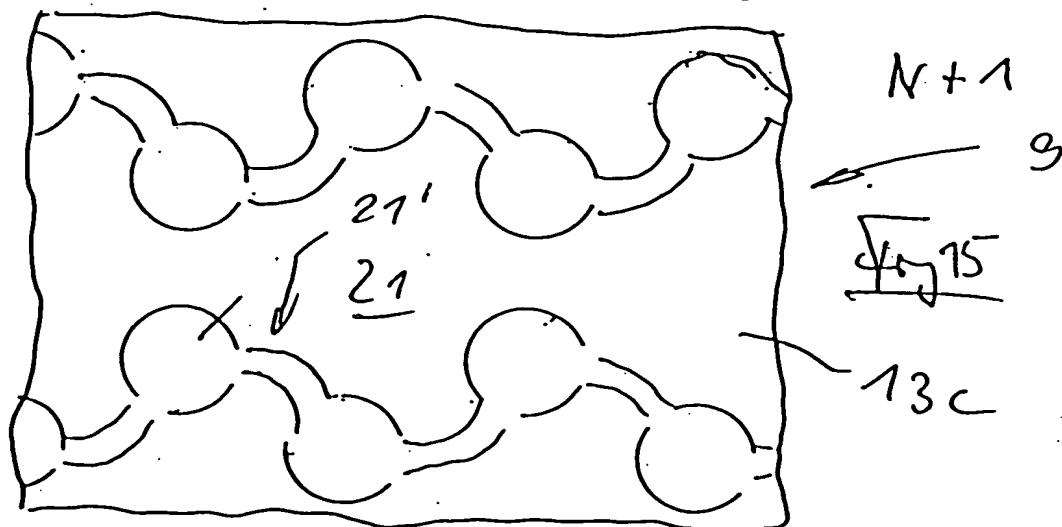
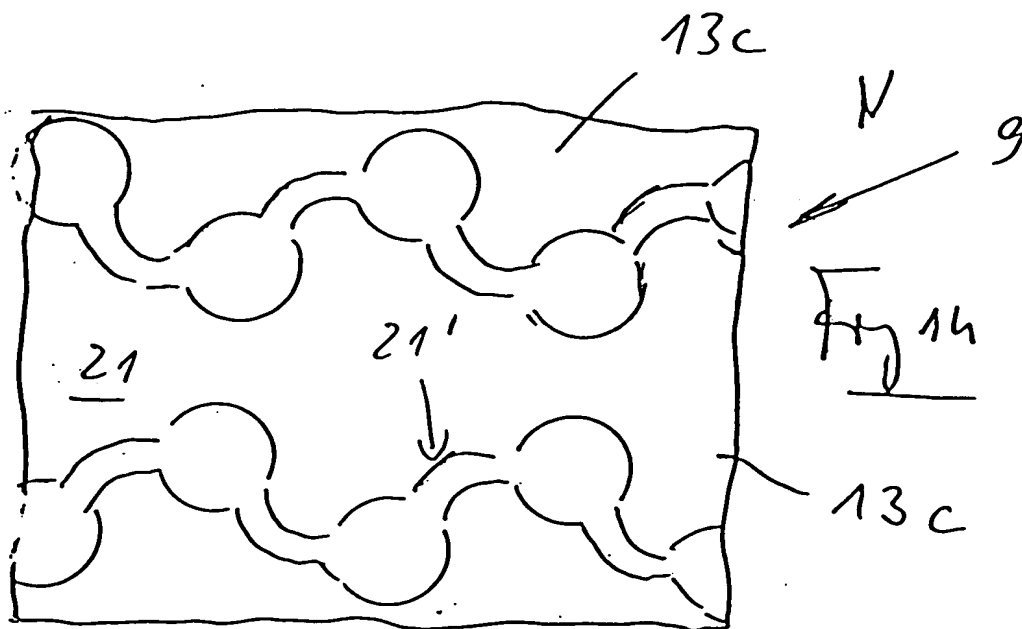
17

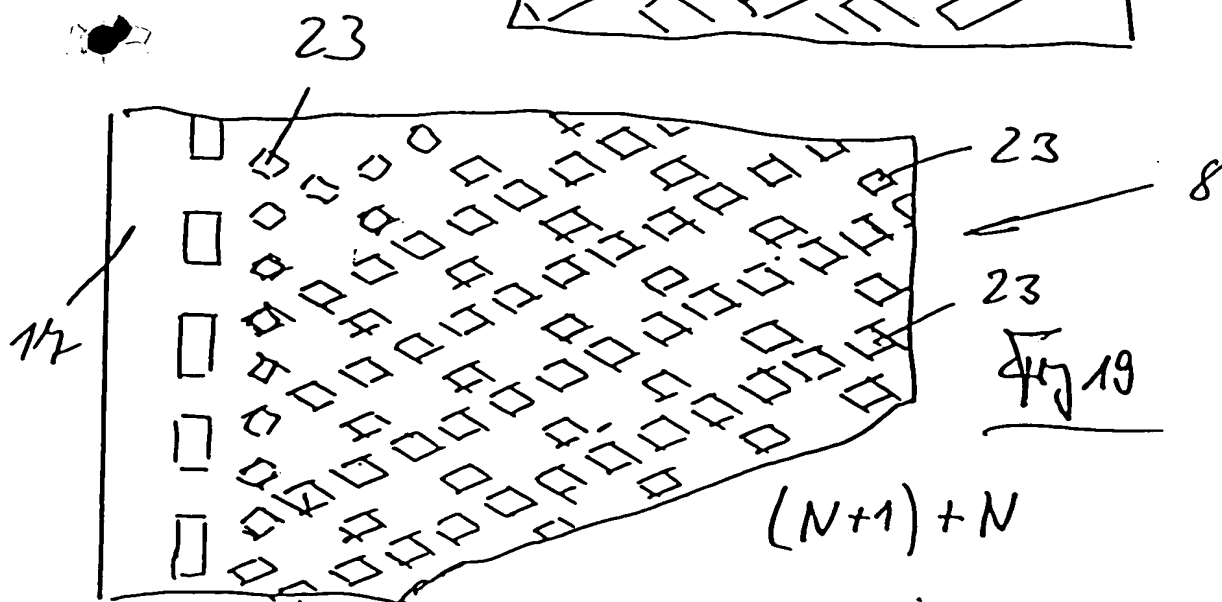
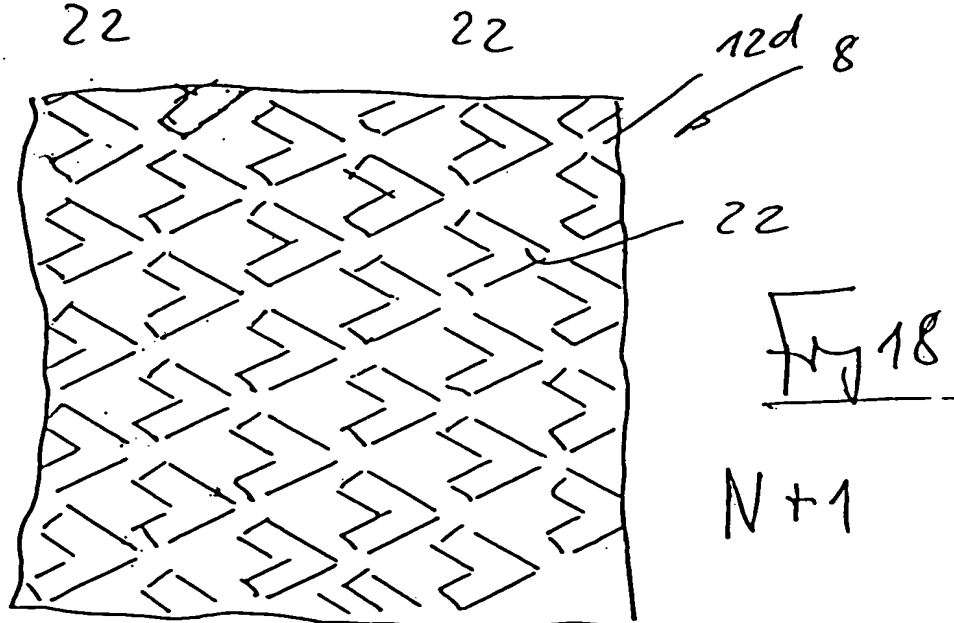
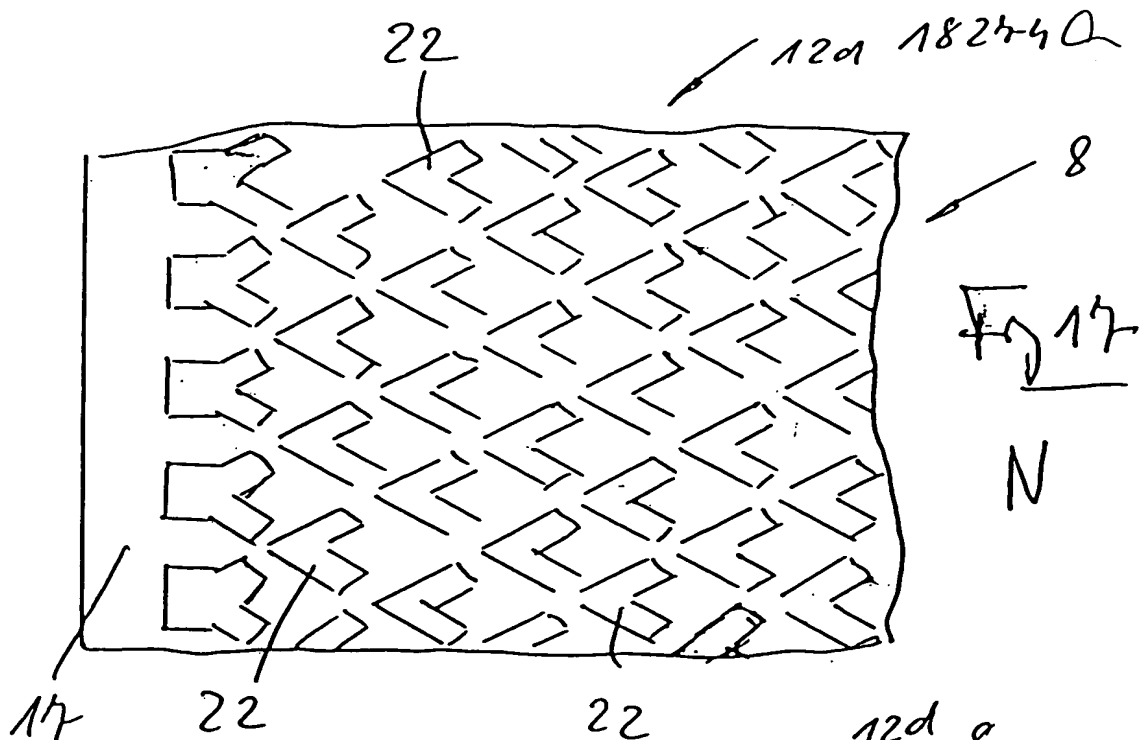
L

18

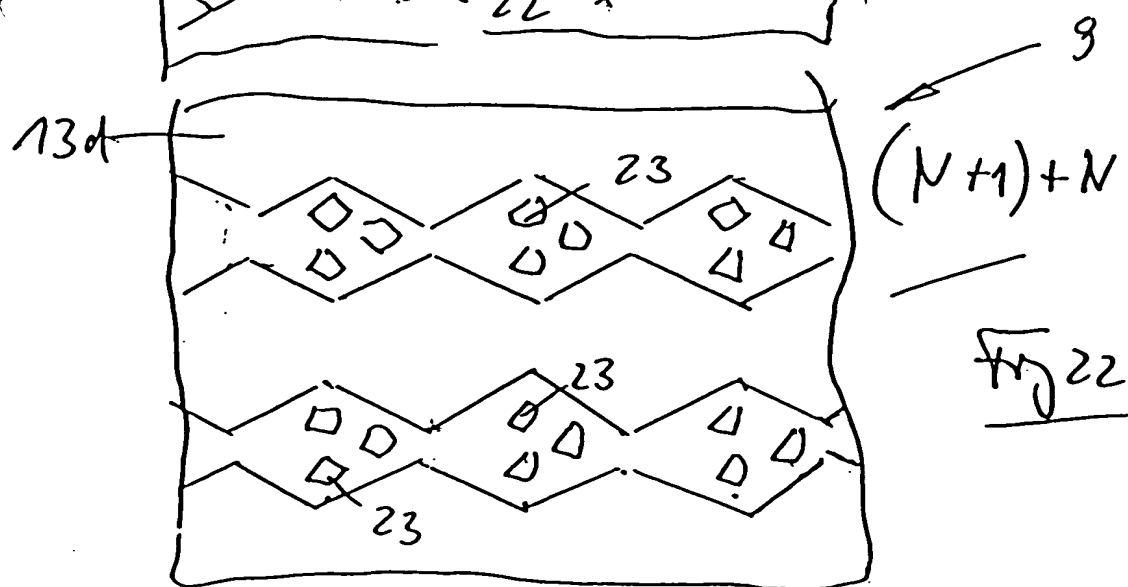
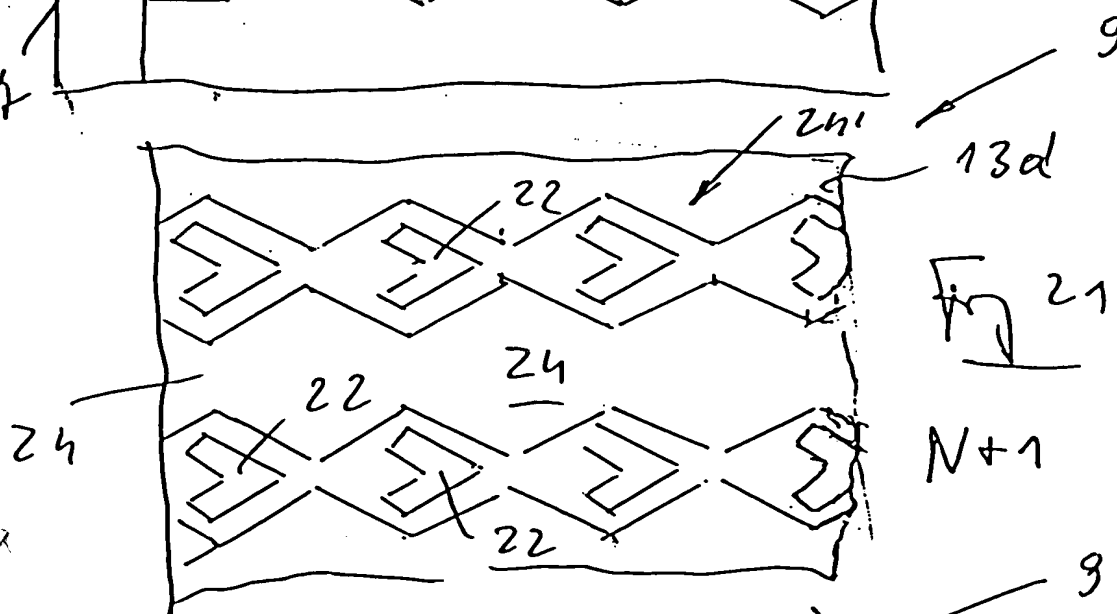
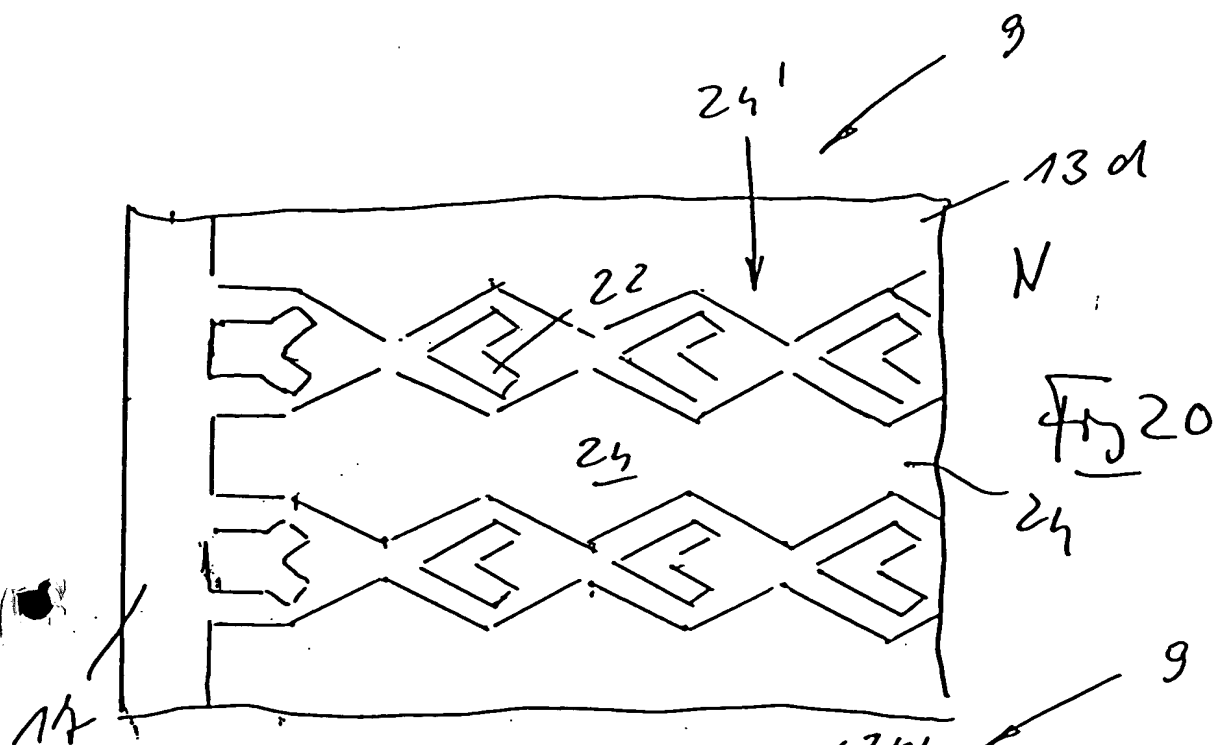


18274a









16244A

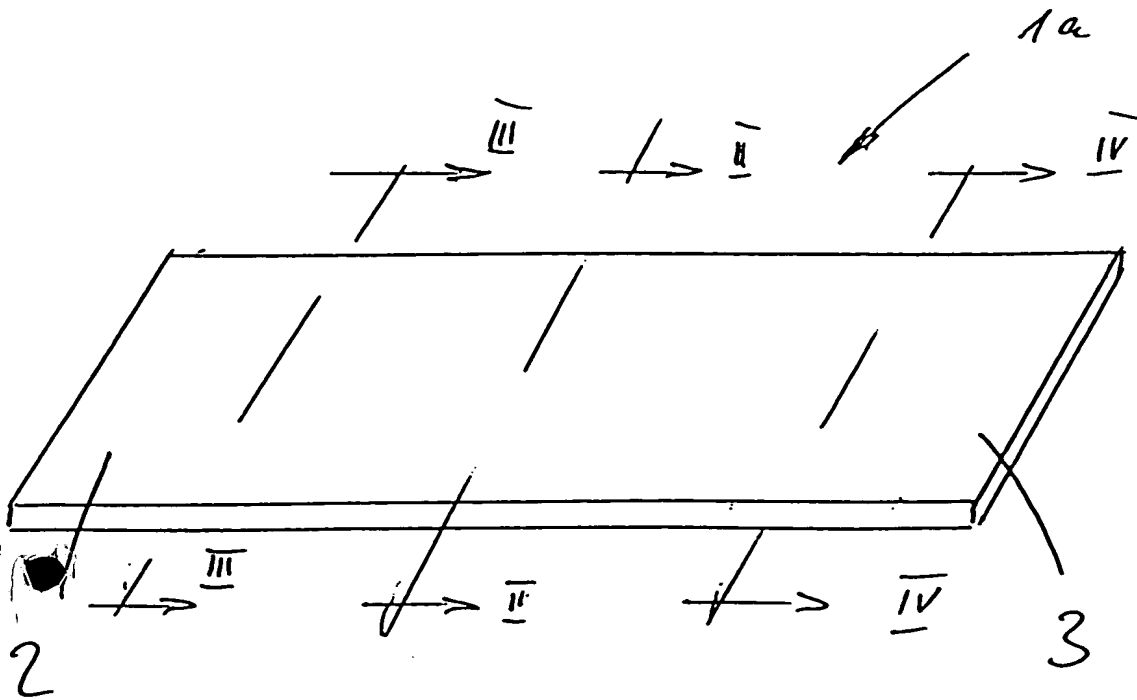


Fig 23

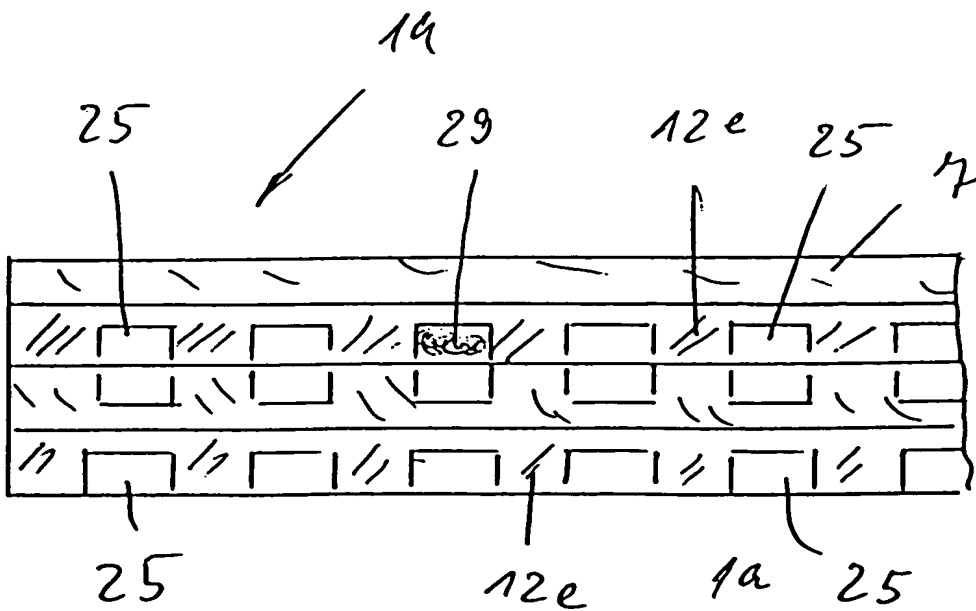


Fig 24

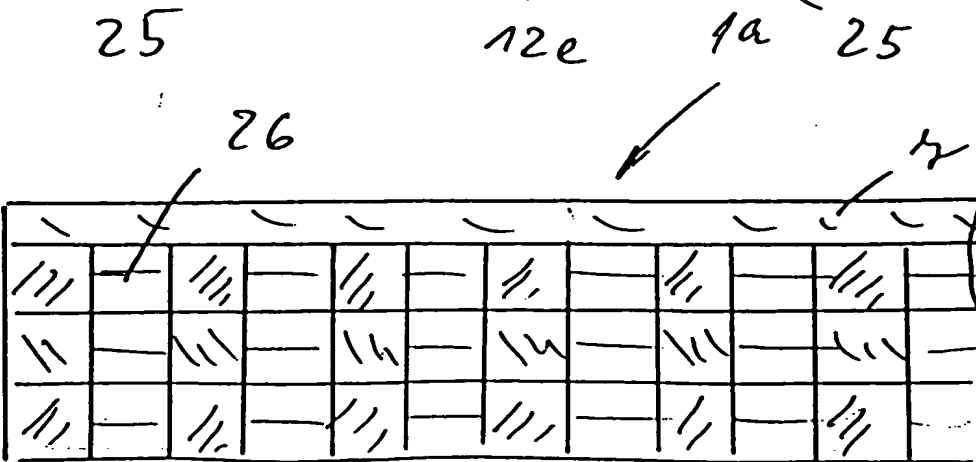


Fig 25

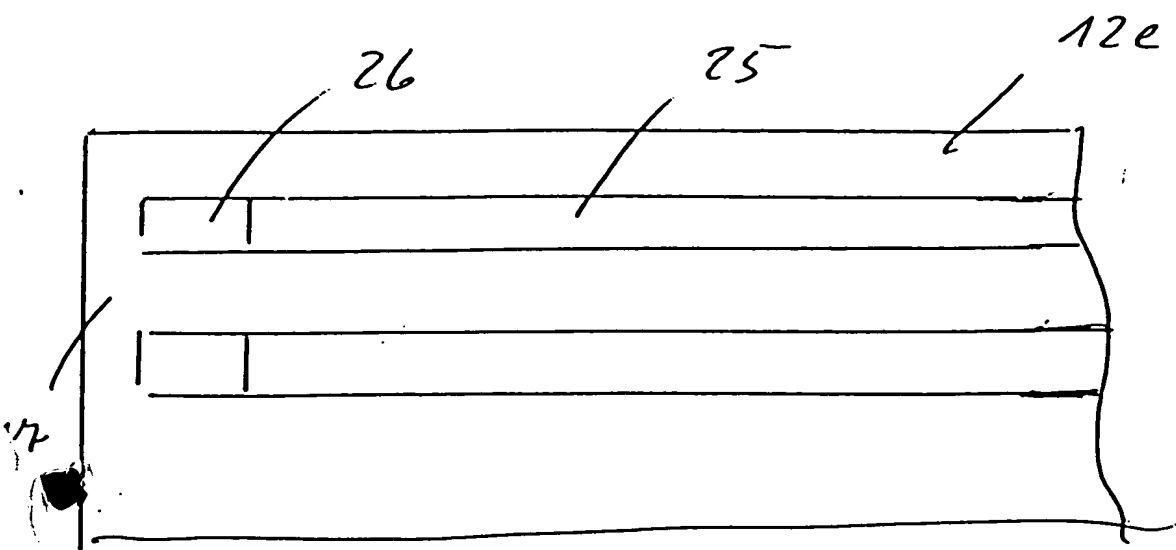


Fig 26

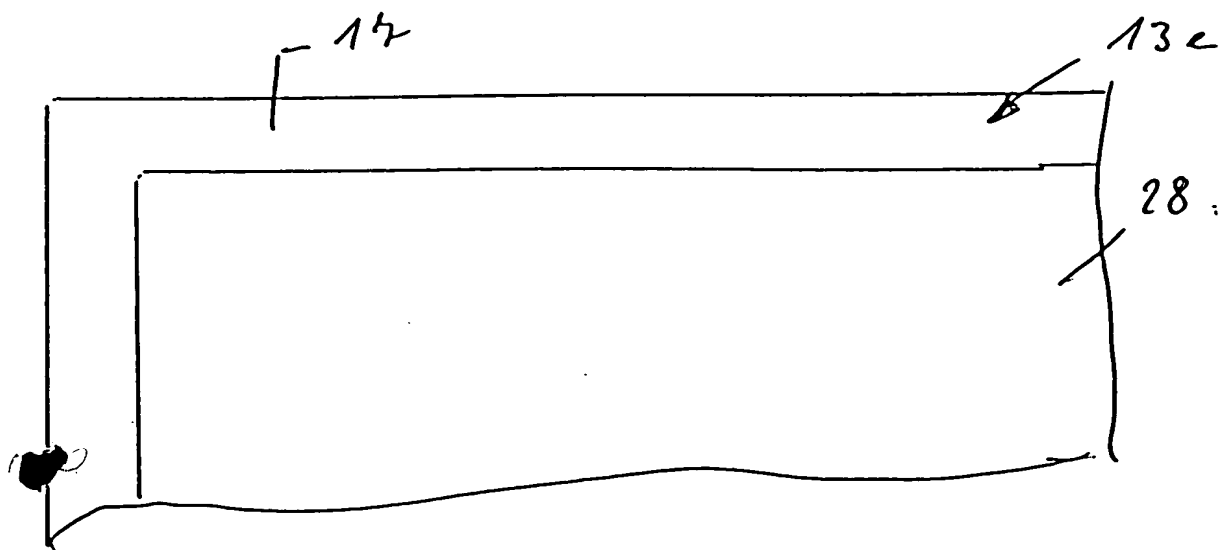


Fig 28

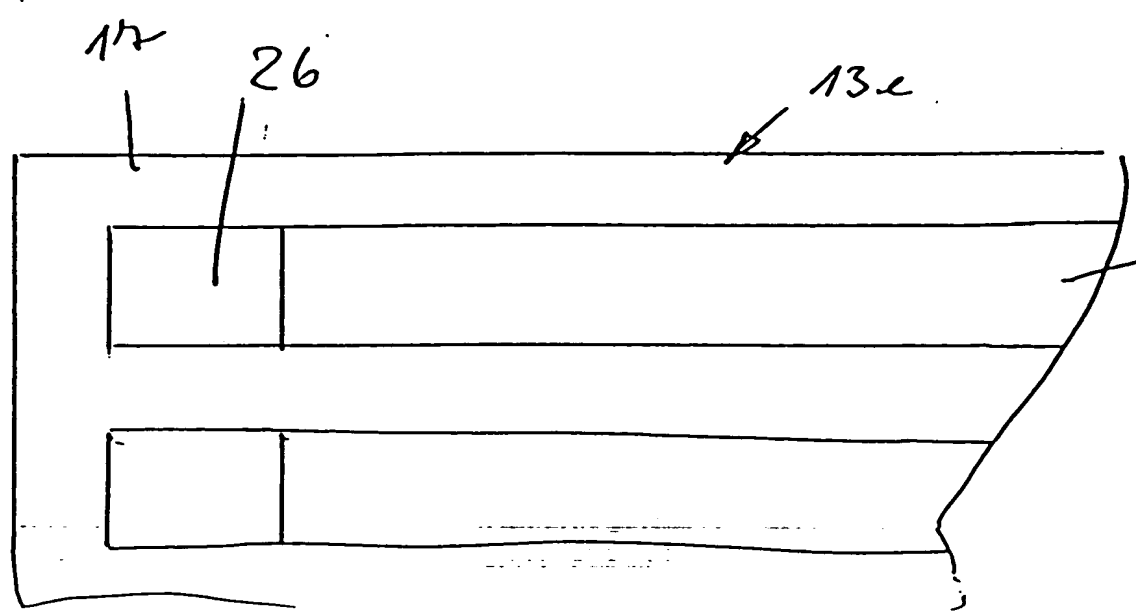


Fig 27

Fig 27

18274 Q

